

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 40 32 555 A 1**

⑳ Aktenzeichen: P 40 32 555.5  
㉑ Anmeldetag: 13. 10. 90  
㉒ Offenlegungstag: 16. 4. 92

㉓ Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**F 04 B 17/04**  
F 04 B 35/04  
H 02 N 2/00  
H 01 F 1/053  
H 01 L 41/12  
H 01 L 41/20  
B 06 B 1/08  
F 04 B 43/08

DE 40 32 555 A 1

㉔ Anmelder:  
Alfred Teves GmbH, 6000 Frankfurt, DE

㉕ Erfinder:  
Zaviska, Dalibor, 6230 Frankfurt, DE

㉖ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

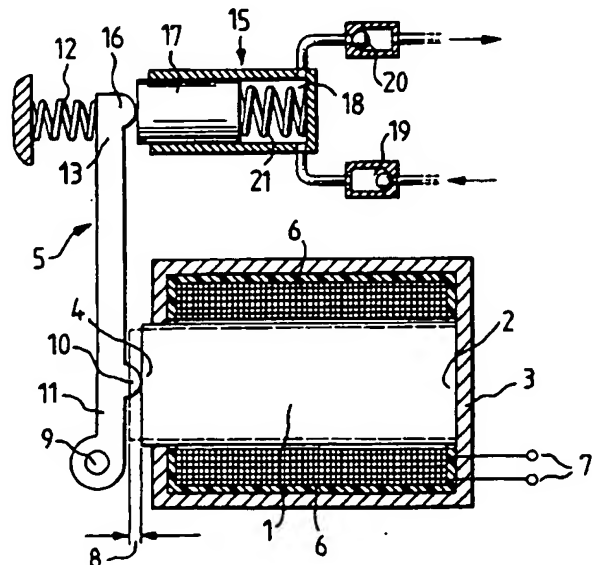
DE-PS 8 28 884  
DE-AS 10 79 696  
DE-AS 10 31 638  
DE 38 21 320 A1  
DE 33 01 741 A1  
DE 25 44 140 A1  
DE-OS 15 38 730  
DE 6 95 974  
US 48 45 450  
US 48 15 946  
US 48 04 314  
US 48 02 660  
US 47 95 317

US 47 26 741  
US 35 98 506  
US 35 15 966  
US 31 74 716  
EP 3 91 880 A2

SCHMIDT, Th.E.: Schwingverdichter in Kälte-  
maschinen. In: Kältetechnik, 8.Jg., H.3, 1956, S.93-99;  
DE-Z: Fachbeilage MIKROPERIPHERIK. In: me  
Mikro- Elektronik, Bd.4, 1990, H.6, S.XCII bis XCVI.  
DE-Buch: Proceedings Actuator 90, Bremen,  
Juni 1990, S.156-161, 219-221;  
JP 59-158574 A., In: Patents Abstracts of Japan,  
E-289, Jan.12, 1985, Vol.9, No.8;

㉗ Elektromagnetisch betätigte hydraulische Pumpe

㉘ Bei einer elektromagnetisch betätigten hydraulischen  
Pumpe für mittlere bis hohe Drücke, insbesondere für  
hydraulische Bremsanlagen, wird die eigentliche Pumpe (15,  
24, 25), beispielsweise eine Kolben- oder Membranpumpe,  
von einem Aktor (1) angetrieben. Erfindungsgemäß besteht  
der stabförmige Aktor (1) aus magnetostruktivem Werkstoff,  
beispielsweise  $Tb_{0,3}Dy_{0,7}Fe_{1,93}$ , und ist von einer Magnetspu-  
le (6) umschlossen, die mit Wechselstrom betrieben wird.  
Aufgrund des magnetostruktiven Effektes erfährt der Aktor  
(1) längs des magnetischen Wechselfeldes eine periodische  
axiale Längenänderung (8), die direkt oder mittels eines  
Hebels (5) auf die Pumpe (15, 24, 25) übertragen wird.



DE 40 32 555 A 1

Die Erfindung betrifft eine elektromagnetisch betätigte hydraulische Pumpe insbesondere für mittlere und hohe Drücke bei hydraulischen Bremsanlagen.

Es sind hydraulische Pumpen bekannt, die entweder durch einen Elektromotor oder mittels eines im Kern einer Magnetspule schwingenden Magnetankers angetrieben werden. Nachteilig an einem Antrieb durch Elektromotor ist der relativ große Raumbedarf für Motor und ggf. Getriebe, das damit verbundene hohe Gewicht und die Störanfälligkeit aufgrund des komplizierten Aufbaus mit mehreren rotierenden Teilen. Ein Antrieb mittels Magnetspule und Magnetanker hat den Nachteil, daß die zur Verfügung stehende Betätigungskraft ohne weitere aufwendige Maßnahmen im allgemeinen zur Erzeugung hoher Drücke nicht ausreicht und daß die Förderleistung der Pumpe durch die relativ niedrige maximale Schwingungsfrequenz des Magnetankers stark eingeschränkt ist.

Aufgabe der Erfindung ist es, einen elektromagnetischen Antrieb einer hydraulischen Pumpe insbesondere für mittlere und hohe Drücke anzugeben, der mit einem Minimum an beweglichen Teilen realisierbar ist, kleine Abmessungen, kompakte Bauweise und geringes Gewicht aufweist, wobei die Nachteile bekannter Lösungen vermieden werden.

Die Aufgabe wird durch die im kennzeichnenden Teil des Hauptanspruchs aufgeführte Merkmalskombination gelöst.

Im Prinzip besteht die Erfindung darin, den magnetostruktiven Effekt zum Antrieb einer hydraulischen Pumpe einzusetzen. Ein Stab aus magnetostruktivem Werkstoff, z. B.  $Tb_{0,3}Dy_{0,7}Fe_{1,93}$  (bekannt als Terfenol D), an den in axialer Richtung ein Magnetfeld angelegt wird, nimmt an Länge zu und an Dicke ab, so daß sein Volumen in erster Näherung konstant bleibt. Das Material reagiert sofort auf Änderungen des Magnetfeldes, wobei das Ausmaß der Formänderung von der Stärke des Magnetfeldes abhängt und von einer stromdurchflossenen Spule gesteuert werden kann.

Die erfindungsgemäße Pumpe ist wegen der geringen Zahl beweglicher Teile zuverlässig in Betrieb und erlaubt eine Ausführung mit vorteilhaft kleinen Abmessungen und Gewicht. Aufgrund der beim magnetostruktiven Effekt auftretenden großen Kräfte am Aktor können ohne besondere mechanische Maßnahmen Drücke bis etwa 250 bar erreicht werden.

Da der magnetostruktive Effekt unter axialem mechanischem Druck größer ausfällt, empfiehlt sich eine vorteilhafte Ausgestaltungsform gemäß Anspruch 2. Bei einer bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Pumpe nach Anspruch 3 wird die Magnetspule mit Wechselstrom versorgt, der das Magnetfeld des Dauermagneten periodisch verstärkt bzw. nach dem Polaritätswechsel abschwächt. So kommt man mit kleineren Strömen aus.

Ansprüche 4 und 7 beschreiben besonders einfach aufgebaute Ausführungsbeispiele und Ansprüche 5 und 6 Weiterbildungen der Erfindung, bei denen der zur Verfügung stehende Hub bzw. die Kraft des Aktors an die gewünschte Förderleistung oder den hydraulischen Druck der Pumpe optimal angepaßt werden können.

Da die Förderleistung der Pumpe außerdem von ihrer Betriebsfrequenz abhängt, ist es vorteilhaft, gemäß Anspruch 8 schnelle Ventile zu verwenden, die der mittels des magnetostruktiven Effekts erreichbaren hohen Frequenzen des Aktors folgen können. In einer Weiterbil-

dung wird die Schaltfrequenz der Ventile noch erhöht, indem sie aktiv, vorzugsweise elektromechanisch, betätigt werden. Zur Ventilbetätigung kann ebenfalls der magnetostruktive Effekt ausgenutzt werden.

Neben der Längenänderung des Aktors werden in einer Weiterbildung der Erfindung nach Anspruch 10 auch die periodischen Änderungen der Dicke des Aktors zum Antrieb einer weiteren Pumpe ausgenutzt. Damit läßt sich insbesondere in Verbindung mit Anspruch 7, wonach Kolben und Aktor eine Einheit bilden, auf einfache Weise eine zweikreisige Pumpe realisieren.

Fünf Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnungen näher erläutert.

Die Fig. 1 bis 5 zeigen schematisch jeweils eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen hydraulischen Pumpe im Schnitt. In den Figuren sind funktional gleiche Einzelteile mit jeweils gleichen Bezugszeichen versehen.

In Fig. 1 erkennt man den stabförmigen Aktor 1 aus magnetostruktivem Werkstoff, der mit seinem einen Ende 2 an der Wand 3 des Pumpengehäuses abgestützt ist und mit seinem anderen Ende 4 über den Hebel 5 indirekt auf eine Kolbenpumpe 15 einwirkt. Der Aktor 1 ist von einer Magnetspule 6 umschlossen, die über elektrische Leitungen 7 mit einer nicht gezeigten Wechselstromquelle verbunden ist. Wenn Strom durch die Magnetspule 6 fließt, erzeugt diese in ihrem Innenraum ein axiales Magnetfeld, das auf den magnetostruktiven Werkstoff einwirkt und eine Längenänderung 8 des Aktors 1 hervorruft. Gleichzeitig nimmt die Dicke des Aktors 1 ab, so daß er im Magnetfeld die gestrichelt gezeichnete Form einnimmt. Fließt in der Magnetspule 6 ein Wechselstrom, so nimmt die Länge des Aktors 1 periodisch zu und ab.

Der einarmige Hebel 5 ist an seinem einen Ende im Lager 9 drehbar gelagert. Das Ende 4 des Aktors 1 wirkt über eine Nocke 10 auf einen kurzen Abschnitt 11 des Hebels 5 ein, dessen langer Abschnitt 13 über eine Nocke 16 an einem Kolben 17 der Kolbenpumpe 15 anliegt. Durch axiales Verschieben des Kolbens 17 wird das Volumen des Druckraumes 18 verändert. Bei Volumensvergrößerung strömt Hydraulikflüssigkeit über ein Einlaßventil 19 in den Druckraum 18 hinein, bei Volumensverkleinerung strömt sie über ein Auslaßventil 20 hinaus. Die Rückstellfeder 21 wirkt auf den Kolben 17 ein und gewährleistet, daß dieser immer an der Nocke 16 des Hebels 5 anliegt. Die Feder 12 besitzt eine größere Federkonstante als die Rückstellfeder 21 und sorgt dafür, daß die Nocke 10 des Hebels 5 immer am Ende 4 des Aktors 1 anliegt. Der Aktor 1 wird damit gleichzeitig mechanisch vorgespannt, um den magnetostruktiven Effekt zu verstärken. Im Betrieb der hydraulischen Pumpe wird die periodische Längenänderung 8 des Aktors 1 über den Hebel 5 auf den Kolben 17 der Kolbenpumpe 15 übertragen. Durch die Hebelübersetzung wird der Kolbenhub und damit die Förderleistung der Kolbenpumpe 15 vergrößert. Deshalb wird diese Ausführungsform empfohlen, wenn es auf eine große Förderleistung der Pumpe ankommt.

Soll dagegen ein möglichst hoher Förderdruck erreicht werden, empfiehlt sich eine in Fig. 2 dargestellte Ausführungsform. Hier ist der Aktor 1 direkt mit dem Kolben 17 der Kolbenpumpe 15 verbunden. Die Feder 14 dient einerseits zum axialen Vorspannen des Aktors 1 und andererseits als Rückstellfeder für den Kolben 17. Die auf den Kolben 17 ausgeübte Schubkraft des Aktors 1 wird bei dieser Pumpe nicht durch eine Hebelübersetzung gemindert und wirkt über eine verkleinerte Quer-

schnittsfläche des Kolbens 17 auf die Hydraulikflüssigkeit ein, so daß hohe Drücke erreicht werden.

Das in Fig. 3 dargestellte Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen hydraulischen Pumpe kommt mit einem Minimum an beweglichen Teilen aus. Hier dient der aus magnetostriktivem Werkstoff bestehende Aktor 1 selbst als Kolben 17 der Kolbenpumpe 15, d. h. Aktor 1 und Kolben 17 bilden eine Einheit. Das Ende 4 des Aktors 1 ragt in die Zylinderbohrung 22 der Kolbenpumpe 15 und ist gegenüber dieser mittels eines Dichtrings 23 abgedichtet. Die Feder 14 ist wiederum zum Vorspannen des Aktors 1 bestimmt.

Bei der in Fig. 4 gezeigten Ausgestaltungsform wird die eigentliche Pumpe durch einen geschlossenen Balg 24 gebildet, dessen Innenraum mit Ventilen 19, 20 verbunden ist und als Druckraum 18 dient. Der Balg 24 besteht aus einem elastischen Material, z. B. Federstahl, Kunststoff oder verstärktem Gummi und liegt direkt am Aktor 1 an. Wenn sich der Aktor 1 im Magnetfeld axial verlängert, drückt er den Balg 24 zusammen. Dabei verkleinert sich der Druckraum 18 und Hydraulikflüssigkeit wird durch das Auslaßventil 20 aus der Pumpe gepreßt. Bei abgeschaltetem Magnetfeld läßt die Kraft auf den Balg 24 nach, der sich aufgrund seiner Elastizität wieder entspannt. Dabei strömt Hydraulikflüssigkeit über das Einlaßventil 19 in den sich vergrößernden Druckraum 18. Der Balg 24 ist so ausgelegt, daß er ständig eine axiale Kraft auf den Aktor 1 ausübt. Auf eine separate Feder zum Vorspannen des Aktors 1 kann hier verzichtet werden.

Als letztes Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in Fig. 5 eine magnetostriktiv betätigte Membranpumpe 25 dargestellt, deren Membran 26 direkt am Aktor 1 anliegt. Für die Funktionsweise der Membranpumpe 25 gilt sinngemäß die obige Beschreibung der Balgpumpe.

#### Bezugszeichenliste

1	Aktor	
2	Ende	40
3	Wand	
4	Ende	
5	Hebel	
6	Magnetspule	
7	elektrische Leitungen	45
8	Längenänderung	
9	Lager	
10	Nocke	
11	kurzer Abschnitt	
12	Feder	50
13	langer Abschnitt	
14	Feder	
15	Kolbenpumpe	
16	Nocke	
17	Kolben	55
18	Druckraum	
19	Einlaßventil	
20	Auslaßventil	
21	Rückstellfeder	
22	Zylinderbohrung	60
23	Dichtring	
24	Balg	
25	Membranpumpe	
26	Membran	65

#### Patentansprüche

1. Hydraulische Pumpe mit einem abgeschlossenen,

mindestens je ein Einlaß- und Auslaßventil aufweisenden Druckraum, beispielsweise Kolben- oder Membranpumpe, mit einer elektromagnetischen Betätigungsvorrichtung, bei der ein durch den Kern mindestens einer Magnetspule verlaufender und auf den Druckraum einwirkender Aktor mittels eines oszillierenden Magnetfeldes in mechanische Schwingungen versetzt wird und dabei das Volumen des Druckraumes periodisch verändert, dadurch gekennzeichnet, daß der Aktor (1) aus magnetostriktivem Werkstoff, beispielsweise  $Tb_{0.3}Dy_{0.7}Fe_{1.93}$  besteht, daß der Aktor (1) im wesentlichen stabförmig ausgebildet ist und daß er mit seinem einen Ende (2) am Pumpengehäuse (3) und mit seinem anderen Ende (4) direkt oder indirekt an dem zur periodischen Volumensveränderung des Druckraumes (18) bestimmten Element (17, 24, 26) der Pumpe (15, 24, 25) abgestützt ist.

2. Hydraulische Pumpe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Aktor (1) in Betätigungsrichtung vorzugsweise durch eine Feder (12, 14) mechanisch vorgespannt ist.

3. Hydraulische Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß vorzugsweise die Hälfte der zur Betätigung erforderlichen axialen Magnetfeldstärke durch Dauermagneten erzeugt wird.

4. Hydraulische Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Aktor (1) direkt auf das zur periodischen Volumensveränderung des Druckraumes (18) bestimmte Element (17, 24, 26) der Pumpe (15, 24, 25), z. B. den Kolben (17) einer Kolbenpumpe (15), einwirkt.

5. Hydraulische Pumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Aktor (1) und dem zur periodischen Volumensänderung des Druckraumes (18) bestimmten Element (17, 24, 26) der Pumpe (15, 24, 25) eine mechanische Übersetzung, vorzugsweise ein Hebel (5), angeordnet ist.

6. Hydraulische Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einem in einer zylindrischen Bohrung (22) des Druckraums (18) axial beweglich geführten, gegenüber der Bohrung (22) abgedichteten und zur Volumensveränderung des Druckraumes (18) bestimmten Kolben (17), dadurch gekennzeichnet, daß der Kolbenquerschnitt im Verhältnis zum Aktorquerschnitt so gewählt ist, daß sich ein optimales Verhältnis von Förderleistung zu Förderdruck der Pumpe (15) ergibt.

7. Hydraulische Pumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 4, mit einem in einer zylindrischen Bohrung (22) des Druckraumes (18) axial beweglich geführten, gegenüber der Bohrung (22) abgedichteten und zur Volumensveränderung des Druckraumes (18) bestimmten Kolben (17), dadurch gekennzeichnet, daß der Kolben (17) selbst aus magnetostriktivem Werkstoff besteht und damit gleichzeitig als Aktor (1) dient.

8. Hydraulische Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die mit dem Druckraum (18) verbundenen Ein- und Auslaßventile (19, 20) sehr kurze Öffnungs- und Schließzeiten aufweisen.

9. Hydraulische Pumpe nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Ein- und Auslaßventile (19, 20) aktiv, vorzugsweise elektromagnetisch betätigt werden.



10. Hydraulische Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß neben der Längenänderung (8) des Aktors (1) auch die periodische Änderung seiner Dicke zum Antrieb einer weiteren Pumpe verwendet wird.

5

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

FIG.1

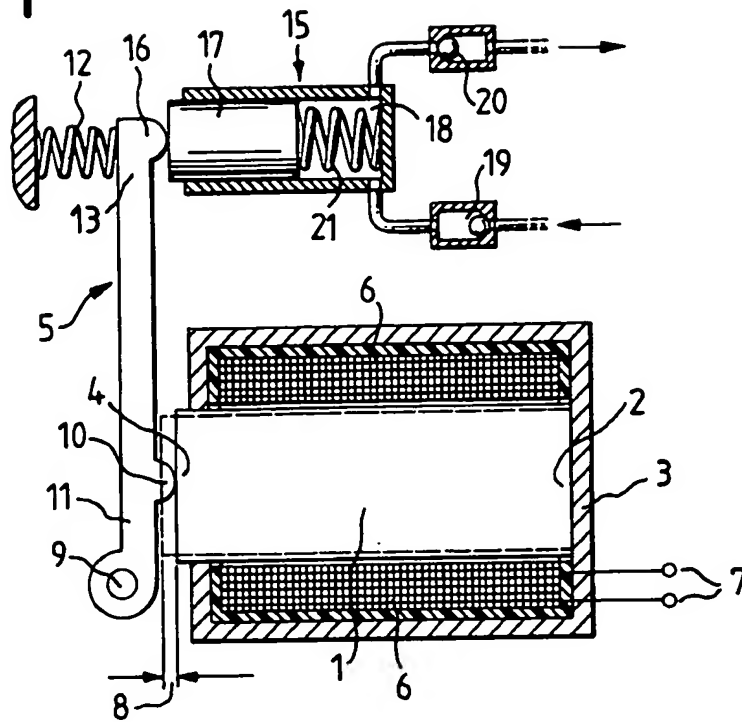


FIG.2

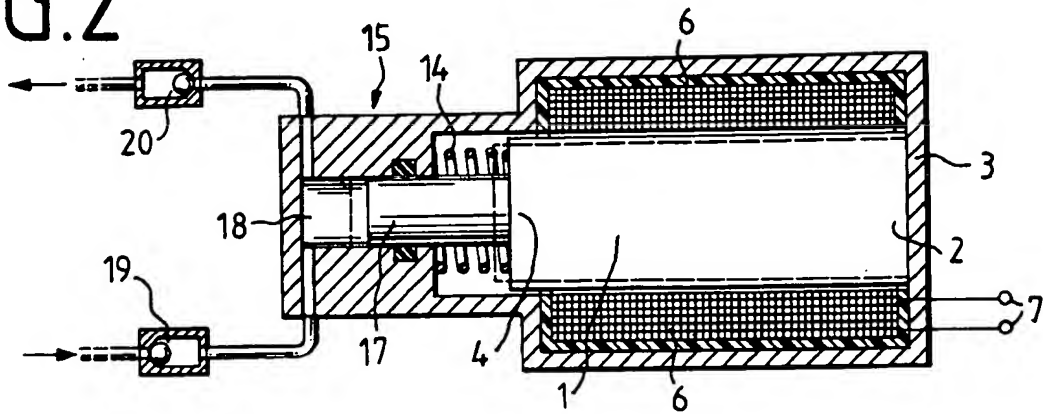


FIG.3

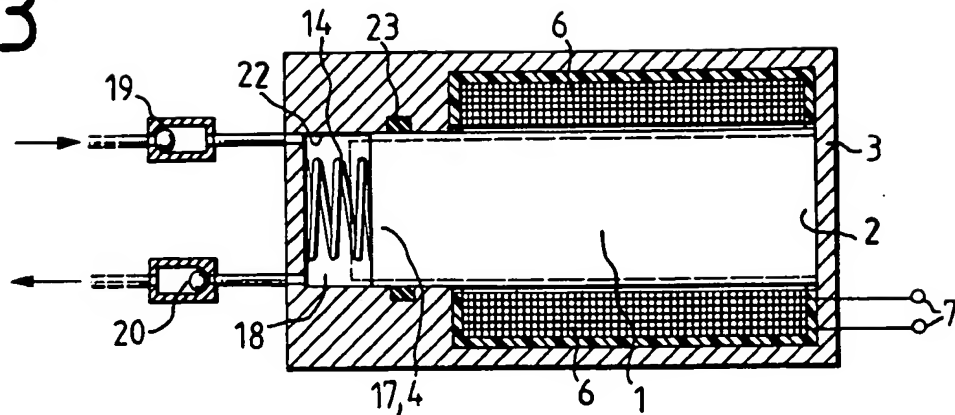


FIG.4

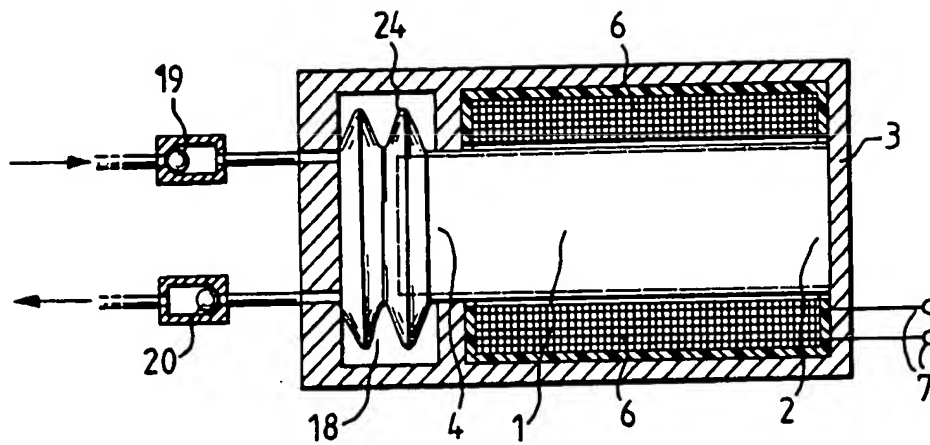


FIG.5

